

# CAPÍTULO II – ANÁLISE DE FALHAS NA MANUTENÇÃO DE REDUTORES EM UMA INDÚSTRIA TEXTIL

Roberto Massao Saito<sup>1</sup>

Flavio Antunes Ferreira<sup>2</sup>

## RESUMO

O presente artigo consistiu em elaborar um estudo de caso, que buscou realizar uma análise na manutenção dos redutores da marca Cestari, em uma indústria têxtil. Esses equipamentos encontram-se instalados em um determinado setor de fiação. Através da análise termográfica e vibração e lista de dados de manutenção do equipamento, procurou identificar possíveis falhas para melhoria contínua do equipamento citado. Após as análises foram detectadas falhas mecânicas em dois redutores, que não seriam possíveis ser detectadas pelo fator humano, somente por equipamentos de análises, outra falha detectada foi a falta de comunicação entre os envolvidos. A proposta de melhoramento foi: *checklist* de verificação e solicitação de serviços, e incluir análise de vibração na manutenção preventiva, para evitar as quebras do equipamento.

**Palavras-chave:** Equipamento. Redutor. Análise.

## FAILURE ANALYSIS ON MAINTENANCE OF GEARBOXES IN A TEXTILE INDUSTRY

### ABSTRACT

This article was to draw up a case study, which sought to carry out an analysis on maintenance of gear units of the mark Cestari, a textile industry. Such equipment are installed in a particular sector of wiring. Through the Thermographic Analysis, vibration, and list of equipment maintenance data, sought to identify possible failures for continuous improvement of the equipment. After the mechanical failures were detected in tests two reducers that would not be possible to be detected by the human factor, only for testing equipment, other failure detected was the lack of communication between those involved. The proposed upgrade was: *checklist* of verification and request services, and include vibration analysis on preventive maintenance, to avoid the equipment breaks.

**Key-words:** Equipment. Reducer. Analysis.

---

<sup>1</sup> Graduando em Tecnólogo Manutenção Industrial. E mail: [rsmassao2016@gmail.com](mailto:rsmassao2016@gmail.com)

<sup>2</sup> Especialista em Engenharia de Manutenção Industrial pelo SENAI. Docente da Faculdade Tecnologia SENAI Londrina. E mail: [flavio.ferreira@pr.senai.br](mailto:flavio.ferreira@pr.senai.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A produção está ligada com o fator de demanda e com os custos gerados, além dos preços competitivos com demais fornecedores, a qualidade do produto também influencia na hora da compra, a essa demanda traz um consumidor mais exigente na escolha do produto final (KOTLER, 1999).

Segundo Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (2013), demonstram uma queda de 89,3% para 88,7%, conseqüentemente as paradas para manutenção em equipamentos tiveram um aumento em torno de 0,17%, devido da idade média dos equipamentos que passou de 16,9 anos para 19,7 anos. Esses valores mostram que a uma necessidade de um aumento nos investimentos por parte das indústrias neste setor.

Para que essas necessidades sejam contidas seria necessária uma readequação da organização produtiva, para se ter mais autonomia nos equipamentos instalados na linha de produção, mas para que esses componentes trabalhem sem intervenções, é necessário dar uma atenção maior na área da manutenção. Mas buscar qualidade de serviço é preciso que a empresa invista na qualificação de seus colaboradores, para garantir no bom andamento de seus processos produtivos, além de obter ganhos na produtividade e qualidade (SOUZA; LIMA, 2003).

Para Xenos (2014), as atividades de manutenção estão diretamente ligadas com o tratamento de falhas que o equipamento deva apresentar no decorrer do tempo de uso. A detecção, reparos e as investigações das causas que levaram a quebra são essenciais para medidas preventivas para a sua reincidência.

Os equipamentos instalados na indústria como os redutores de velocidade, são componentes que reduzem a velocidade da máquina para que o processo seja realizado, normalmente acoplado juntamente com motores elétricos, que podem fornecer infinidades de aplicações conforme a necessidade da linha de produção (FARIA, 2009 *apud* ARAÚJO, 2011).

Nas atividades da manutenção de equipamentos podemos inserir técnicas como métodos de observação (exame visual, termográfica), e análise de vibração, são procedimentos importantes na manutenção de redutores, são medidas que visam a reduzir as falhas, ou até o melhoramento com os dados colhidos pelas análises obtidas (XENOS, 2014). A esses monitoramentos relacionados acima são todos voltados para Manutenção Preditiva, prevenir a quebra através de monitoramento com equipamentos específicos (KARDEC; NASCIF, 2002).

Segundo Santos (2013), cita que os alojamentos, eixos, rolamentos, chavetas e acoplamentos são os defeitos mais comuns encontrados no redutor, além da utilização de lubrificantes incorretos na hora da troca do óleo do componente, e os ajustes que devem ser precisos entre o eixo do redutor e o motor, e o dimensionamento incorreto para o uso na linha de produção, são as causas que levam para a quebra do equipamento.

Mesmo que o redutor seja projetado para atuar em diversas aplicações, no entanto podem sofrer quebras por falta de cuidado da equipe de manutenção, que devem verificar o equipamento no aparecimento de vibrações, ruídos, vazamentos de óleos pelo eixo de entrada ou saída, ou seja, todo equipamento mecânico está sujeito a quebras não programadas (GONÇALVES, 2006 *apud* LAGO 2009).

O objetivo do estudo consistiu em realizar uma análise na manutenção dos redutores da marca CESTARI, esses equipamentos encontram-se instalados em um determinado setor da fiação de uma indústria têxtil, que apresentam possíveis falhas no equipamento. A coleta de dados do equipamento foi realizada através da coleta de análise termográfica, vibração, e lista de verificação de manutenção preventiva do equipamento. Buscou-se neste estudo um melhoramento na vida útil dos redutores dentro de um determinado setor, através das análises acima citados, e desenvolver melhorias nas manutenções de redutores, para que as devidas falhas sejam sanadas.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Conceito e importância da manutenção**

A política de modo geral nas indústrias brasileiras vem tomando rumos de melhoria continua sobre os produtos comercializados, dentre as mudanças que são mencionadas em diversos artigos técnicos a área de manutenção vem se destacando de modo geral (ICA, 2015), NR55001 (Ativos,3.2.1), que relaciona equipamentos, estoques, e contratos entre outros

Dentre as principais causas que foram notadas foram as oportunidades de inovação de equipamentos, preocupação com a segurança NR12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, envelhecimento dos equipamentos e das instalações, além de reduzir os custos e as exigências geradas pelas aplicações da norma regulamentadora (XENOS, 2014).

A manutenção é definida como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em

um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462), ou seja, assegurar que o equipamento continue a exercer suas atividades que foram projetados com seus devidos cuidados técnicos indispensáveis ao seu funcionamento e manutenibilidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

Com isso a preocupação com o equipamento tornou-se um ponto relevante no desenvolvimento da manutenção, vistas que a produção não poderia parar, o conceito de manutenção corretiva já não surtia mais o efeito como antes nos processos produtivos. A necessidade de ter máquinas trabalhando continuamente sem o fator quebra, foi onde começou um processo desenvolvimento na área de manutenção preventiva (VAZ, 2003).

Mesmo com o surgimento de novas aplicações na área da manutenção, estudos e planejamentos teriam que ser revisados, tendo em ponto as horas trabalhadas dos equipamentos, as necessidades de troca de algumas peças que atingiam a sua vida útil, que poderiam levar a falhas, e provavelmente a paradas não programadas (BERGAMO, 1997).

Com esses dados colhidos, sobre o desgaste, corrosão, fadiga, fenômenos físico e químico, e as perspectivas de vida útil do equipamento, e também com o desenvolvimento de estratégias de manutenção, surgia então a manutenção preditiva, onde equipes formadas por engenheiros, gerente de manutenção, mecânicos, procuram a melhoria contínua do equipamento, na otimização do processo na qualidade e produtividade (A. FILHO 2013 *apud* COSTA 2013).

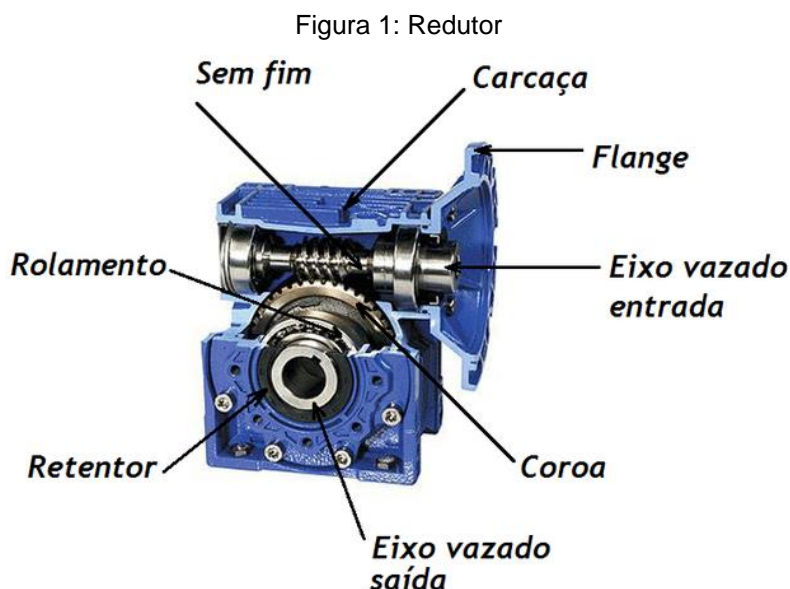
Com o aumento de produtos comercializados, aliados com a inovação de novos produtos e na exigência na qualidade por parte dos consumidores finais, a equipe de gestores da manutenção viu-se na obrigação de diminuir as paradas não programadas e as falhas na linha de produção, tornando-se um dos pontos para sobrevivência da empresa (A. FILHO 2013 *apud* COSTA 2013).

## **2.2 Redutor Cestari**

Os componentes para geração de energia mecânica muitas vezes não podem ser acoplados diretamente ao processo industrial. Em certas situações como bombas, ventiladores, entre outros, necessitam de um elemento no processo que possa modificar as características de velocidade, torque e rotação (WEG-CESTARI, 2017). Foi por isto que houve uma necessidade de se desenvolver um componente redutor.

Esses componentes normalmente são um conjunto de eixos com engrenagens de dentes retos ou helicoidais, cônico ou somente constituído de uma coroa e um parafuso de

rosca sem fim, sua finalidade é reduzir a velocidade de rotação imposta pelo motor elétrico (WEG-CESTARI, 2017). Em contrapartida tem-se um ganho no torque de saída do elemento transmissor, na figura 1 as descrições do equipamento em corte.



Fonte: Malvtec Acionamentos (2015).

Os redutores são normalmente fabricados com a mais alta tecnologia, pois aplicam materiais, máquinas e ferramentas muitas vezes de primeira linha, onde são testados e avaliados por um rigoroso controle de qualidade (WEG-CESTARI, 2017).

Normalmente são equipamentos projetados que apresentam uma vida útil elevada, no quadro 1 demonstra os componentes de um redutor, apesar de serem equipamentos robustos podem sofrer quebras por falta de cuidado, ou indevida utilização do componente (XENOS, 2014).

Quadro 1: Componentes do redutor em detalhes.

Componente	Descrição
<b>Rosca sem fim</b>	Fabricadas em aço cromo-níquel para cementação, o perfil é retificado em máquinas de precisão, onde se obtém uma peça de com um bom rendimento e suavidade no movimento.
<b>Coroas</b>	Fabricadas em bronze centrifugado de liga especial, com propriedades mecânicas que garantem um ótimo funcionamento e durabilidade.
<b>Carcaças</b>	Fabricadas em ferro fundido cinzento de alta qualidade e rigidez e versatilidade, a superfície externa superfície externa e fabricada em formas de aleta proporcionando uma melhor dissipação de calor.
<b>Eixos de saída</b>	São dimensionados para suportarem as cargas flexão, dentro de seus limites, usinados em aço carbono temperados e revenidos para a dureza especificada.
<b>Mancais</b>	Definido como suporte ou guia em que se apoia o eixo.
<b>Rolamentos</b>	Elementos girantes de equipamentos que suportam os eixos com as engrenagens, possibilitando um menor atrito no movimento.
<b>Lubrificação</b>	Realizado por imersão em banho de óleo, para determinados posições são aplicados lubrificantes a graxa para os elementos rolantes.

<b>Refrigeração</b>	Gerada pelo próprio lubrificante e por uma ventoinha acoplada a rosca sem fim, que através das aletas da carcaça do motor refrigera o equipamento.
<b>Retentores</b>	São fabricados de borracha com molas em seu interior impedindo a passagem do fluido para a parte externa, e evitar as infiltrações de corpos estranhos de contaminantes da parte externa.
<b>Tampa de inspeção</b>	Tampas que auxiliam na inspeção das partes internas do equipamento não havendo necessidade de desmontagem do redutor para a verificação.
<b>Níveis de óleo</b>	Elementos fixados nos redutores onde possibilitam a verificação do nível de lubrificante presente nele.
<b>Respiro</b>	Dispositivo de saída e entrada de ar do redutor durante o trabalho, devido ao aquecimento e resfriamento (volume do ar).
<b>Placa de dados do redutor</b>	Especificações técnicas do redutor onde são informada relação de transmissão, rotação, tipo de lubrificante, modelo, fabricante.

Fonte: Adaptado pelo autor do catálogo MAGNA K (2016).



Um acompanhamento do equipamento por parte do setor de manutenção quanto ao aparecimento de ruídos, vibrações e aquecimentos, demonstram que redutor pode estar desalinhado, ou apresentar falta de óleo, todos os componentes mecânicos podem apresentar falhas por deterioração (SANTOS, 2013).


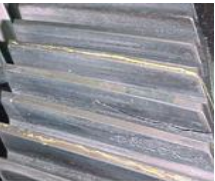
### 2.2.1 Problemas mais frequentes nas engrenagens dos redutores

Algumas das descrições de quebra do redutor conforme os limites de ajuste, desgaste, cargas excessivas no conjunto, óleo lubrificante incorreto, ou depósitos sólidos dentro da caixa do redutor no fundo do componente, tendem a levar o equipamento a quebra (DUTRA, 2014).

O superaquecimento do equipamento gerado pelas falhas das engrenagens também é um fator que deve ser levado em consideração, ou matraqueamento que seria as folgas excessiva entre os dentes de duas engrenagens, as quebras mais frequentes são citadas no quadro 2.

Quadro 2: Defeitos mais frequentes em engrenagens

	<p><b>DESGASTE POR INTERFERÊNCIA</b> Gerada pelo contato inadequado entre as engrenagens, quando a carga está centrada sobre o flanco impulsor, que está diretamente em contato com a engrenagem impulsionada.</p>
	<p><b>DESGASTE ABRASIVO</b> São as presenças de impurezas ou corpos estranhos que encontram alojados entre as faces de contato, essas impurezas normalmente ficam depositadas no fundo do corpo do redutor.</p>

	<p><b>QUEBRA POR SOBRECARGA</b> Sobrecarga, choques ou problemas com o tratamento térmico superficial do material, com desgaste do dente surgem uma lombada que diminui com o tempo de uso, que leva a quebra do mesmo.</p>
	<p><b>TRINCAS SUPERFICIAIS</b> Encontradas em engrenagem cementadas e sua principal característica são o cisalhamento do dente, ocorrem principalmente quando a parada brusca do equipamento, ou deslizamento lateral do componente, esses dos fatores ocorrem devido a vibrações constantes no equipamento, carga em excesso, falta de óleo.</p>

Fonte: Dutra (2014).

Esses sintomas podem ser observados pelo próprio operador ou colaborador, pois apresentam ruídos ou barulhos que normalmente não são notados quando o equipamento se apresenta em bom estado de funcionamento (DUTRA, 2014). A comunicação deve ser feita ao Setor de Manutenção para que as devidas providências sejam tomadas antes da quebra.

### 2.3 Análise termográfica

Para Kardec (2013), análise termográfica é uma forma de manutenção que proporciona o acompanhamento da temperatura do equipamento, com a formação de imagens térmicas geradas pelo equipamento de medição, normalmente conhecidas como termogramas.

Segundo Pereira (2011), o procedimento de medição tem uma vasta aplicação nos processos industriais como componentes elétricos de painéis e motores elétricos (rolamentos e carcaça), fornos, caldeiras, condutores como chaminés e vasos de vapor, entre outros. Neste contexto a termográfica está relacionada com a temperatura presente sobre a superfície do material analisado, quando este componente apresente tensões térmicas normalmente calor, essas variações são captadas pela câmera termográfica.

As medições termográficas são efetuadas através de sistemas infravermelhos, onde é realizada uma comparação entre amplitude de radiação do corpo medido e de uma referência de temperatura, esses conceitos aplicados corretamente proporcionam uma maior confiabilidade de vida útil do equipamento.

Segundo Kardec (2013), as câmeras termográficas, figura 2, podem ser ligadas com os computadores através de programas específicos, com o armazenamento dos dados colhidos em campo. Com esses dados armazenados podem ser realizados levantamentos e emissões de relatórios, para estudos posteriores na linha de produção do processo industrial.

Figura 2: Equipamento de medição



Fonte: Flir Instruments (2017).

Este recurso aplica-se também aos redutores de velocidade possibilitando visualizar a distribuição de temperatura sobre a superfície do redutor, onde podem ser notados os aquecimentos de alguns componentes que compõem o equipamento.

## 2.4 Análise de vibração

Entre as principais técnicas de acompanhamento de vida útil do equipamento está relacionado com análise de vibração na linha de processo, principalmente em componentes rotativos, que são analisados a velocidade, aceleração, deslocamento do componente (KARDEC, 2013).

Para Cunha (2005), o conceito de análise de vibração está relacionado com as estruturas dos equipamentos que estimulados pelo esforço dinâmico, provocam sinais vibratórios cuja frequência é igual ao sinal emissor. E essas medidas colhidas em certos pontos estão relacionadas com as somas das respostas das estruturas aos diferentes esforços provocados pelo equipamento.

Esses instrumentos medem as amplitudes de deslocamento e velocidade em várias faixas, ajustáveis pelo seletor, conforme figuras 3 e 4, atualmente esses aparelhos podem

ser encontrados de forma mais compacta ou mais incorporados com funções mais complexas (KARDEC, 2013).

Figura 3: Medidor de frequência variável



Fonte: Minipa (2017).

Figura 4: Caneta de medir vibração SKF-CMAS-100SL



Fonte: SKF (2011).

Para análise de vibração iniciam-se que todos os equipamentos em funcionamento produzem vibrações, essas degradações de funcionamento são providas de alguma regularidade que o equipamento apresenta (MIRSHAWKA,1991). Conhecendo os sinais originais do equipamento, podem ser verificadas com os dados colhidos e diagnosticarem-se as falhas e as mudanças de comportamento pelo aumento da vibração na máquina.

Para Kardec (2002), a esses sinais detectados pelo equipamento citamos alguns problemas que ocorrem no componente:

- Desbalanceamento;
- Desalinhamento;
- Eixo desalinhado;
- Excentricidade (polias, mancais, rotores de motores);
- Desgaste em engrenagens e mancais;
- Fixação incorreta, entre outros.

Alguns cuidados devem ser tomados na medição dos componentes como: o lugar correto para a medição, interferências ou influências provocadas pelas estruturas que os elementos estão instalados, medição com a mesma condição de operação, medições com

aparelhos que não captam baixa frequência e sensores inadequados para a medição (KARDEC, 2002).

### 3. METODOLOGIA


O presente artigo consistiu em elaborar um estudo de caso, em função da necessidade de buscar conhecimentos para encontrar possíveis falhas no redutor e na manutenção, e melhorar à vida útil do componente. Este equipamento encontra-se instalado em uma empresa de fiação têxtil em um determinado setor. Os dados foram pesquisados em livros, artigos, monografias de trabalhos sobre redutores, manutenção de equipamentos e elementos de máquina, e a coleta documental do equipamento ocorreu no chão de fábrica. A necessidade de melhoramento da vida útil do equipamento desta empresa, é que passou a ser um incentivo para estudo, além de colocar em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula.

As análises termográficas e de vibração ocorreu-se no chão de uma indústria têxtil no setor enrolamento onde se encontram os equipamentos. A análise de vibração tornou-se possível de ser realizado graças ao equipamento cedido pela Faculdade de Tecnologia de Manutenção Industrial, Senai Londrina.

#### 3.1 Redutor

O redutor empregado para estudo foi da marca Cestari modelo K 70, que demonstra no quadro 3, este equipamento está presente em todo setor do enrolamento na linha de produção da indústria têxtil.

Quadro 3: Redutor da marca Cestari

	Tipo	K 70
	Redução	1: 15
	Engrenagens	Coroa e rosca sem fim
	Torque	10 a 1300 Nm
	Fixação	Carcaça
	Rotação	1750 RPM
	Eixo de saída	Vazado (padrão), maciço

Fonte: MAGNA K (2016).

A velocidade de entrada do redutor é de 1720 RPM, passando pelo sistema a velocidade cai 15 vezes o valor de entrada, seu sistema de saída é utilizado engrenagens

de dentes e sua transmissão ocorre por meios de correntes que são interligados aos eixos girantes, na figura 5 onde estão instalados equipamentos.

Figura 5: Máquina de enrolamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).


O redutor está sendo impulsionado com um motor da marca WEG de 2 cv, o acoplamento do redutor com o motor é utilizado acoplamento elástico, esse elemento permite até uma variação de 6 graus de torção e deslocamento angular, ou seja, mesmo que o motor e redutor não estejam propriamente alinhados este componente ajusta para o funcionamento correto do mesmo.

No setor estão instalados dezoito redutores da mesma marca (CESTARI), com a mesma especificação citadas neste artigo.

### 3.2 Ensaio termográfico

Para análise termográfica a câmera utilizada foi modelo FLIR E-40, são termovisores compactos utilizados para diversas aplicações na área industrial conforme quadro 4.

Quadro 4: Termovisor modelo FLIR-40

	Resolução	160x120 pixels
	Sensibilidade térmica	<0,07°C
	Precisão	±2°C ou 2% de leitura
	Faixa de temperatura	-20°C a 650°C
	Display Colorido Touch Screen	3.5" (320x240)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).


A câmera possui uma mira a laser que facilita a medição em determinados pontos, a mira é focalizada no display que ajuda a identificar o ponto medido exatamente, além de guardar em sua memória as leituras realizadas, que podem ser transferidas para computador, ou pendrive.

### 3.3 Ensaio Vibração

O instrumento empregado para medição, foi da marca INSTRUTHERM, é um medidor de vibração tipo caneta modelo MV-650.

O equipamento foi cedido ao aluno para que as análises fossem realizadas na indústria aqui mencionada. Foi possível ser realizado após aulas introdutórias sobre as análises de vibrações, e medições realizados em prática nos laboratórios do Senai Londrina, além dos minicursos promovidos pela instituição. No quadro 5 o aparelho aqui citado.

Quadro 5: Instrumento de medição.

	Parâmetro testado	RMS de velocidade vibração
	Escala	0,1mm/s – 199,9mm/s
	Banda de transmissão	10Hz – 1KHz
	Display	LCD, de 3 dígitos
	Alimentação	Duas pilhas botão LR-44
	Dimensões	150x22x18mm

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O aparelho tem de ficar posicionado perpendicular à superfície que será analisado o equipamento, a medição saíra no display por um minuto e depois o aparelho desliga automaticamente, no quadro 6 os parâmetros adotados pelo fabricante na análise de vibração, a coloração foi colocada para melhorar a visualização dos parâmetros de vibração.

Quadro 6: Tabela dos parâmetros vibração do instrumento

Velocidade (rms) mm/s	I	II	III	IV
0.28	Excelente	excelente	excelente	excelente
0.45				
0.71				
1.12	Bom	bom	bom	
1.8				
2.8	Ruim	ruim	bom	
4.5				bom

7.1	Proibido		ruim			
11.2		proibido		ruim		
18			proibido		proibido	
28				proibido		proibido
45					proibido	

Fonte: Adaptado pelo autor do manual Instrutherm (2012).

A classificação depende da potência do motor, na classe I são os motores pequenos (menos que 15KW), classe II são motores médios (15KW~75KW), classe III são motores grandes (base rígida), classe IV são motores grandes (base macia).

#### 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

##### 4.1 Verificações dos controles de manutenções dos equipamentos

Cada equipamento possui uma ficha de acompanhamento da manutenção preventiva, conforme mostra a figura 6, dados da manutenção preventiva.

Figura 6: Cronograma de manutenção preventiva

<b><i>CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA</i></b>													
<i>ANO-2017</i>			<i>SETOR-ENROLAMENTO</i>										
<i>EQUIPAMENTO</i>	<i>FREQÜÊNCIA</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>
Meadeira <b>K-02</b>	ANUAL												

## FICHA DE CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

### IDENTIFICAÇÃO

TIPO DE EQUIPAMENTO

PRODUÇÃO     
  AUXILIAR     
  FERRAMENTA     
  OUTROS

DESCRIÇÃO RESUMIDA:      **MEADEIRA K-02**

LOCALIZAÇÃO:      **ENROLAMENTO**      RESPONSÁVEL: **ENCARREGADA DO SETOR**

FABRICANTE:      **FABRICAÇÃO PRÓPRIA**  
 MODELO / SÉRIE:

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS:

REGRAS DE MANUTENÇÃO: **PREVENTIVA ANUAL, TROCAR ÓLEO DO REDUTOR. REVISAR MOTOR. VERIFICAR ROLAMENTOS, CORRENTES, ENGRENAGENS E MANCAIS DE BRONZE.**

### HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

TIPO DE MANUTENÇÃO	DATA	OCORRÊNCIA	MEDIDA TOMADA	REALIZADO POR	VERIFICADO POR
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	<b>26 A 28/12/2017</b>	TROCAR ÓLEO DO REDUTOR, VERIFICAR ROLAMENTOS, CORRENTES, ENGRENAGENS E MANCAIS DE BRONZE	VERIFICADO BUCHA DO MANCAL, COPLAMENTO, CORRENTE, ROLAMENTO E TROCADO ÓLEO DO REDUTOR.	ROBERTO	VMIANE

Fonte: Manutenção de equipamentos do enrolamento (2017).

As informações estão presentes neste setor em forma digital, as manutenções referentes aos redutores e máquinas como troca de óleo, verificação dos rolamentos, correntes, engrenagens e mancais de bronze são realizadas periodicamente, ou seja, a cada ano.

A lubrificação do equipamento é realizada conforme o cronograma a cada 45 dias, o acompanhamento é realizado pelo encarregado do setor, juntamente com esse serviço é realizado uma vistoria nas engrenagens e eixos das máquinas, executadas pelo auxiliar de manutenção do setor.

No cronograma de execução estão citados em vermelho respectivo ao mês de verificação da manutenção, o equipamento possui uma ficha de controle de manutenção

preventiva onde são descritos os históricos dos procedimentos e troca de peças efetuadas neste período.

Cada turno fica responsável pela lubrificação e conferência dos equipamentos, dados na figura 7. Somente a manutenção dos redutores são os colaboradores da manutenção que ficam responsáveis pela verificação, troca de óleo, verificação dos rolamentos e engrenagens, enquanto a máquina propriamente dita a lubrificação e verificação de outros componentes cabe aos auxiliares de manutenção deste setor.

Figura 7: Cronograma de Lubrificação

<b>LUBRIFICAÇÃO: CORRENTE, MANCAL E ROLAMENTO</b>								
SERVIÇO REALIZADO	A cada 45 dias	1ª MÁQUINA ( A )		1ª MÁQUINA ( B )		1ª MÁQUINA ( C )		RESP.
		DATA	EXECUTOR	DATA	EXECUTOR	DATA	EXECUTOR	
Lubrificação da corrente e do mancal	X	14/01/2016	VALDEIR	14/01/2016	VALDEIR	14/01/2016	VALDEIR	ANGELA
Lubrificação da corrente e do mancal	X	26/02/2016	CLAUDINEI	26/02/2016	CLAUDINEI	26/02/2016	CLAUDINEI	ANGELA
Lubrificação da corrente e do mancal	X	11/04/2016	CLAUDINEI	11/04/2016	CLAUDINEI	11/04/2016	CLAUDINEI	ANGELA
Lubrificação da corrente e do mancal	X	26/05/2016	CLAUDINEI	26/05/2016	CLAUDINEI	26/05/2016	CLAUDINEI	ANGELA
Lubrificação da corrente e do mancal	X	08/07/2016	CLAUDINEI	08/07/2016	CLAUDINEI	08/07/2016	CLAUDINEI	ANGELA
Lubrificação da corrente e do mancal	X	22/08/2016	CLAUDINEI	22/08/2016	CLAUDINEI	22/08/2016	CLAUDINEI	ANGELA
Lubrificação da corrente e do mancal	X	06/10/2016	CLAUDINEI	06/10/2016	CLAUDINEI	06/10/2016	CLAUDINEI	ANGELA
Lubrificação da corrente e do mancal	X	18/11/2016	CLAUDINEI	18/11/2016	CLAUDINEI	18/11/2016	CLAUDINEI	ANGELA
SERVIÇO REALIZADO	Semestral	1ª MÁQUINA ( A )		1ª MÁQUINA ( B )		1ª MÁQUINA ( C )		RESP.
		DATA	EXECUTOR	DATA	EXECUTOR	DATA	EXECUTOR	
Lubrificação do Rolamento	X	16/06/2016	CLAUDINEI	16/06/2016	CLAUDINEI	16/06/2016	CLAUDINEI	ANGELA
Lubrificação do Rolamento	X	16/12/2016	CLAUDINEI	16/12/2016	CLAUDINEI	16/12/2016	CLAUDINEI	ANGELA

Fonte: Controle de lubrificação do enrolamento (2016).

A lubrificação da corrente é realizada a cada 45 dias, devido a ficar mergulhado no óleo em recipiente próprio, caso apresente corpos estranhos é realizado a troca e limpeza do recipiente, sobre o rolamento é aproveitado quando há um intervalo de tempo entre uma produção e outra, neste tempo é realizada a lubrificação e verificação, dos serviços realizados. A limpeza das partes girantes como polia, eixo fica por conta das colaboradoras, realizadas conforme o cronograma por elas determinadas.

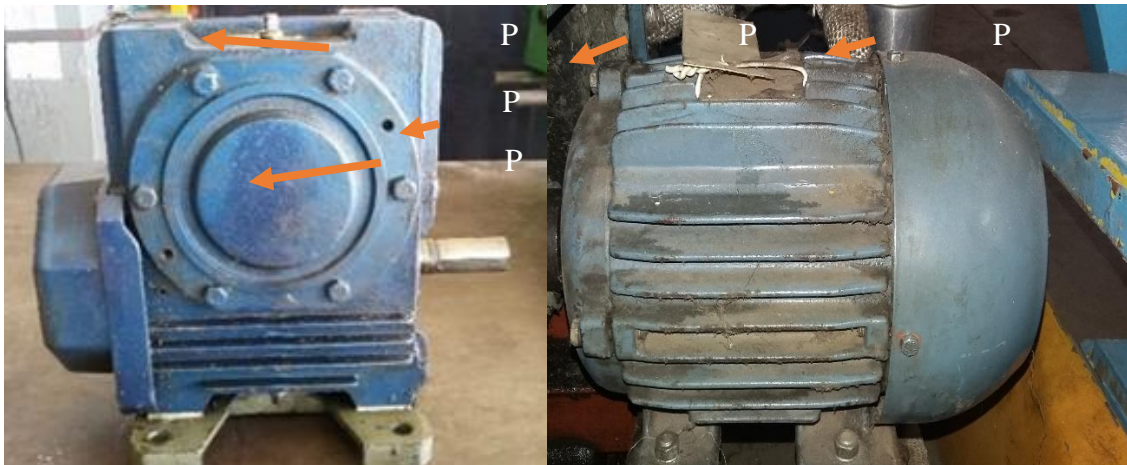
Caso alguns destes componentes citados apresente desgaste, é aberto uma Ordem de Serviço para a manutenção para troca. O serviço normalmente é executado pela manutenção noturna, ou dependendo da gravidade é executada no intervalo de produção, caso algum colaborador falte na lubrificação foi capacitado outro colaborador para a execução do serviço.

#### 4.2 Análises de vibração realizadas nos redutores e motores: 1ª medição

As análises colhidas nas máquinas no total de 18 redutores, foram baseadas conforme a norma ISO 2373 e 3945, fornece gráficos e parâmetros para o julgamento da

severidade de vibração do equipamento, neste caso foi adotado a classe 1, pois trata-se de máquinas pequenas até 15KW (equivale a 11,04cv). A especificação dos pontos a serem colhidos foram especificados na figura 8, conforme aula prática realizada nas instalações do Senai, conforme orientação do professor.

Figura 8: Pontos de vibração do redutor e motor



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As amostras colhidas no primeiro momento foram realizadas depois da troca de óleo realizada em dezembro de 2017, nas máquinas 5,6,7, foram modificadas ano de 2017, para adequação da Norma Regulamentadora NR-12, os redutores continuaram os mesmos aqui citados somente foi realizado um retrofitting nas polias de acionamento dos carretéis.

No ponto B, do redutor a medição não foi possível devido a engrenagem de acoplamento com o motor, ficando restrito ao ponto A e C, poderia ser modificado para outro lado, mas a ventoinha do redutor fica instalado muito próximo do ponto de medição, podendo ocorrer interferência na medição do redutor, no motor foram medidos na parte A da frente e B atrás perto da ventoinha, as laterais do motor apresentaram o mesmo nível de vibração.

A tabela 1 foi formada com as especificações do equipamento aqui utilizado conforme o manual de usuário, as divisões do estado do componente apresentam quatro classes: excelente, bom, ruim proibido, as colorações nos quadros foram adaptadas para a melhor visualização.

Tabela 1: Medições e condições de vibração do motor e redutor

Máquina	Motor A	Motor B	Redutor A	Redutor C	Velocidade (rms) mm/s	Classe I
1A	1,8	1,6	1,7	2,2	0.28	excelente
1BC	1	0,8	1	1,3	0.45	
2A	1,2	1	1,2	1,4	0.71	
2BC	0,8	0,6	1,3	1,5	1.12	bom
3A	1	0,8	0,6	1	1.8	
3BC	0,9	0,7	0,3	0,5	2.8	ruim

4A	0,2	0,2	0,5	0,7	4.5	proibido
4BC	1	0,8	0,2	0,5	7.1	
5	0,5	0,4	0,6	0,8	11.2	
6	0,7	0,6	0,6	0,7	18	
7	7,5	6	7,3	8,2	28	
8	1	1	0,3	0,5	45	
9	0,7	0,7	0,9	1,2		
10	1,3	1,2	0,7	1		
11	1,1	1	0,8	0,9		
12	0,7	0,6	0,2	0,5		
13	7	6	5,4	7,6		
14	1,3	1	0,2	0,2		
15	0,3	0,3	0,2	0,3		
16	0,7	0,5	1,2	1,6		
17	0,4	0,3	0,5	0,7		
18	0,1	0,2	0,3	0,7		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Acima verificamos que nos equipamentos 7 e 13 ultrapassaram o limite, foi comunicado ao encarregado e verificado as possíveis falhas que o equipamento poderia apresentar. Uma das constatações do mecânico encontrou foi no equipamento 7 o desgaste da corrente que sai do redutor estava gasta e a engrenagem estava desalinhada, ocasionando um atrito entre a engrenagem de saída do redutor e a engrenagem de entrada do eixo árvore do equipamento, no caso da máquina 13, conforme figura 9, o eixo apresentou desgaste provocado pelo parafuso do rolamento, que se desprende-se ocasionando a falha, essa falha poderia ser evitada com conferência do equipamento parado entre as produções dentro de especificados dias. Os locais onde estão instalados os eixos e engrenagens são de fácies acesso para a visualização e verificação do equipamento, não comprometendo a segurança do verificador na hora da inspeção do equipamento.

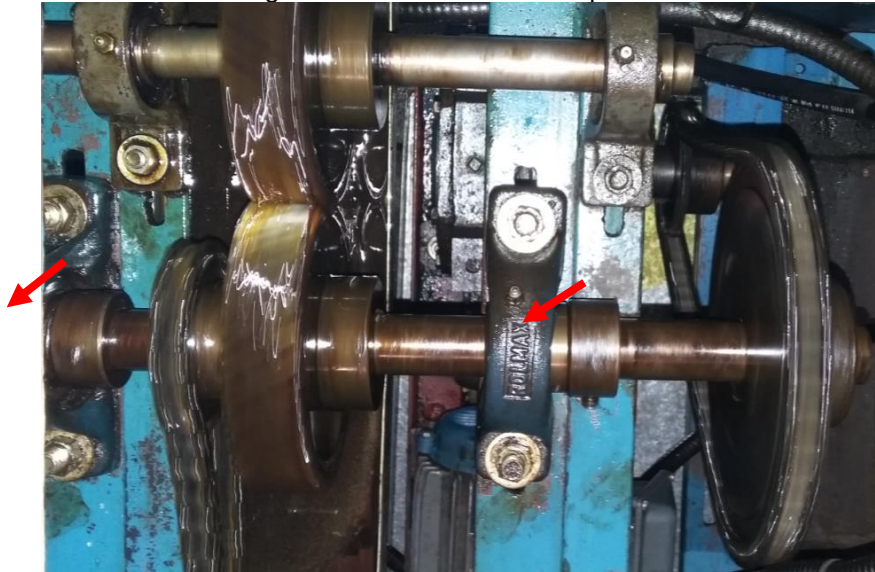
Figura 9: Eixo da máquina 13



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na figura 10, local da máquina 13 onde foi trocado o eixo, centralizado novamente com a engrenagem de saída do redutor com a engrenagem movida, a seta indica o ponto onde ocorreu o desgaste.

Figura 10: Local falha da máquina 13



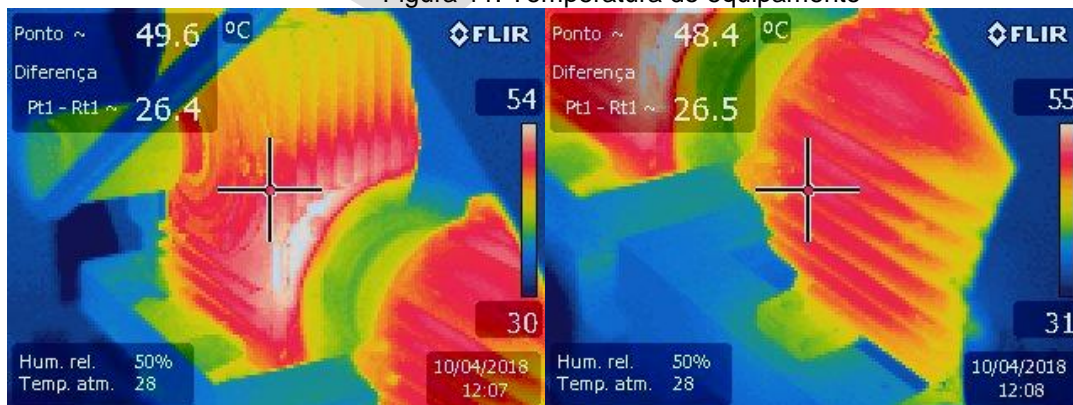
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Ambos os casos foram averiguados para descobrir as possíveis falhas no equipamento, no primeiro caso a falta de lubrificação foi um dos motivos encontrados para o desgaste da corrente, no segundo caso a falta de aperto e verificação do equipamento foram as falhas detectadas.

### 4.3 Análise termográfica dos redutores e motores

Os pontos de coleta seguiram o mesmo procedimento da análise de vibração. Foram coletados nos pontos de maior atrito do equipamento, nos rolamentos dos eixos girantes do redutor e motor, demonstrado na figura 11, a temperatura ambiente na hora da medição ficou entre 26 graus.

Figura 11: Temperatura do equipamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os pontos indicados com a coloração em vermelho indicam a temperatura elevada do equipamento, e na parte amarela e azulada são os pontos que possuem menos calorias.

As alterações constatadas nos equipamentos 7 e 13 foram os aquecimentos provocados pelas falhas acima mencionadas na análise de vibração, acarretando um aumento de 1,2 graus de diferença do equipamento na temperatura de trabalho, uma das causas que podem ser citadas seria a vida útil do verniz no enrolamento do motor, e aumentado a temperatura do óleo do redutor que podem sofrer vazamentos pelos lábios do retentor, devido a viscosidade tendendo a diminuir com aumento de temperatura, na tabela 2 são demonstradas as relações das temperaturas presentes de todos os equipamentos coletados do setor.

Tabela 2: Temperatura da análise termográfica

MÁQUINA	REDUTOR	MOTOR
1A	49,5 <sup>o</sup>	48,3 <sup>o</sup>
1BC	49,5 <sup>o</sup>	48,2 <sup>o</sup>
2A	49,7 <sup>o</sup>	48,6 <sup>o</sup>
2BC	49,5 <sup>o</sup>	48,4 <sup>o</sup>
3A	49,8 <sup>o</sup>	48,6 <sup>o</sup>
3BC	49,6 <sup>o</sup>	48,4 <sup>o</sup>
4A	49,7 <sup>o</sup>	48,5 <sup>o</sup>
4BC	49,8 <sup>o</sup>	48,6 <sup>o</sup>
5	49,8 <sup>o</sup>	48,6 <sup>o</sup>
6	49,6 <sup>o</sup>	48,5 <sup>o</sup>
7	50 <sup>o</sup>	48,8 <sup>o</sup>
8	49,8 <sup>o</sup>	48,6 <sup>o</sup>
9	49,4 <sup>o</sup>	48,3 <sup>o</sup>
10	49,6 <sup>o</sup>	48,4 <sup>o</sup>
11	49,5 <sup>o</sup>	48,5 <sup>o</sup>
12	49,6 <sup>o</sup>	48,4 <sup>o</sup>
13	50 <sup>o</sup>	49,5 <sup>o</sup>
14	49,7 <sup>o</sup>	48,5 <sup>o</sup>
15	49,8 <sup>o</sup>	48,6 <sup>o</sup>
16	49,7 <sup>o</sup>	48,6 <sup>o</sup>
17	49,6 <sup>o</sup>	48,3 <sup>o</sup>
18	49,8 <sup>o</sup>	48,5 <sup>o</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Mesmo o equipamento apresentado falhas o aumento de temperatura não chega a sofrer alterações, mas vale ressaltar que quanto mais problemas o equipamento apresente o nível de temperatura tende a subir.

#### 4.4 Análises dos resultados obtidos após a manutenção, 2ª medição

Foram analisados 18 equipamentos, entre esses equipamentos o redutor nº 13 apresentou falha no mancal que prende o eixo árvore, parafuso allen que prende o eixo como rolamento do mancal estava solto, acarretando o desgaste do eixo entre os dois pontos, forçando o redutor a trabalhar com cargas excessivas, nesse caso foi necessário a troca do eixo a verificação do rolamento e lubrificação.

No caso do redutor nº7 foi falta de lubrificação e desgaste da corrente provocado pelo desalinhamento da engrenagem do redutor com o eixo árvore foi o motivo do aumento da vibração constatado na medição, a manutenção corretiva neste caso foi a troca da corrente a verificação da engrenagem do redutor e eixo árvore, alinhamento.

Com as manutenções das máquinas realizadas foram refeitas as medições novamente, conforme mostra a tabela 3, nos redutores que apresentavam falhas.

Tabela 3: Segunda medição dos redutores

Máquina	Motor A	Motor B	Redutor A	Redutor C	Velocidade (rms) mm/s	Classe I
7	0,5	0,5	0,5	0,6	0.28	excelente
13	0,7	0,7	0,4	0,5	0.45	
					0.71	
					1.12	bom
					1.8	
					2.8	ruim
					4.5	
					7.1	proibido
					11.2	
					18	
					28	
					45	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).


As condições dos equipamentos voltaram ao nível normal, a temperatura obtida na segunda medição não apresentou diferença devido a temperatura ambiente estar abaixo do medido anteriormente.

#### 4.5 Sugestões para melhoria do processo de manutenção

Para que esse erro não ocorra deve ser feito controle de manutenção para os turnos manhã e tarde descrevendo as atividades e formular uma lista de verificação do equipamento, e protocolar uma solicitação de serviço para verificação do equipamento.

O controle de manutenção, mostrado na figura 12, quando realizado deve conter assinatura do responsável pela execução e a assinatura do responsável de vistoriar o serviço realizado, caso o colaborador ou operador venha a faltar, foi acrescentado um campo onde ele deve escrever o nome (substituto), e assinar no dia que executou o serviço.

Figura 12: Controle de manutenção

			<b>CONTROLE DE MANUTENÇÃO - MANHÃ/TARDE (SETOR DE ENROLAMENTO - ATIVIDADES)</b>												MÊS/ANO:					
Funcionário:			ou Substituto:																	
			<b>DIAS</b>																	
<b>ATIVIDADES</b>	<b>Máquina</b>	<b>Frequência</b>																		
1. Verificação do alinhamento da engrenagem e mancal	1	Semanal																		
2. Verificação do óleo no reservatório	1	Semanal																		
3. Verificação da corrente do redutor e da engrenagem	1	Semanal																		
4. Lubrificação dos mancais abertos	1	15 dias																		
5. Verificação do bane da polia do medidor de velocidade	1	Semanal																		
6. Verificação de vazamento de vapor da máquina	1	Diária																		
7. Verificação dos bicos nebulizadores de água	1	Diária																		
8. Verificação cabo de segurança (parada de emergência)	1	Diária																		
Responsável pela execução																				
Responsável verificação																				
OBS:																				
<i>S = Sim                      N = Não</i>																				

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Nesta lista estão os principais pontos de quebra da máquina aqui citada, os serviços diários ficaram as verificações de vazamento e segurança, enquanto as falhas que ocorreram nos equipamentos 7 e 13 ficaram com a verificação semanal, esses serviços não são realizados com essa periodicidade, essa é uma maneira de melhorar a qualidade da manutenção e verificação do equipamento.

Para a correção da falha de comunicação, foi elaborada uma solicitação de serviço, é uma ficha que deve ser preenchida e encaminhada ao encarregado de setor, após



Essas são as propostas para o melhoramento da manutenção para esses equipamentos, e podem ser aplicados em outros setores do processo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivos propostos neste artigo foram concluídos com uma grande aprendizagem, com a inclusão das análises de vibração e análise termográfica, são possíveis descobrir falhas em equipamentos, pois somente com os equipamentos foi viável detectar as falhas ocorridas no redutor.

As constatações que foram notadas que análise sonora do equipamento não é possível detectar a falha pelo fator humano, pois o som emitido pelo componente é muito baixo, aliado com o som dos equipamentos em volta que estão em movimento, fica impossível de ser detectada.

Outro fator que levantamos com estudo foi o acompanhamento da manutenção devem ser verificadas por pessoas capacitadas, no papel as execuções das manutenções estão conforme o planejado, o fato real é que o acompanhamento não está sendo realizada corretamente. Foram levados em consideração são as falhas nos equipamentos nº 7,13, o colaborador na hora da lubrificação detectou a falha foi devidamente avisado ao auxiliar de manutenção que não tomou as devidas providências para que as falhas fossem corrigidas.

Neste caso a falta de comunicação ao encarregado de manutenção foi outro problema levantado nesta análise. Os reparos realizados nas máquinas foram realizados entre os intervalos de produção não afetando a produção. Para que essas falhas não ocorram novamente, foi proposto uma lista de verificação dos equipamentos e um cartão de solicitação de serviço, incluir a análise de vibração na manutenção preventiva.

Para estudos posteriores devem ser levantadas as análises de vibração com equipamentos mais modernos que trazem gráficos com maior precisão sobre as falhas ocorridas nos equipamentos acima mencionados neste artigo.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **ABRAMAN**: A situação da manutenção no Brasil. 2013. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional> . Acesso em: 23 abr. 2017.

BERGAMO, V. F. **Confiabilidade básica e prática**. 1 ed. São Paulo: E. Blücher, 1997. 120p.

CUNHA, R. C. **Análise do estado de conservação de um redutor de velocidade através da técnica de partículas de desgaste no óleo lubrificante auxiliada pela análise de vibrações**. 2005. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005. Acesso em: 23 abr. 2017.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013. Disponível: <https://pt.scribd.com/document/346466679/Manutencao-TCC-2012-3-Mariana-pdf> . Acesso em: 22 abr. 2017.

DUTRA, Kaio. **Manutenção de Máquinas**: Fortaleza, 2014. Color. Disponível em: <https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2012/10/aula-10-e-11-engrenagens.pdf> . Acesso em: 7 out. 2017.

ARAÚJO, Rodrigo. **Análise de falha aplicada a redutores de velocidade com perda de lubrificantes por vazamento**. 32p. MBA (Gestão Estratégica em Manutenção, Produção e Negócios). Rede Pitágoras de Ensino/ICAP- Instituto Superior de Tecnologia. São João Del Rei, Minas Gerais, 2011. Disponível em: [http://icap.com.br/biblioteca/165350010212\\_Monografia\\_Rodrigo\\_Araujo.pdf](http://icap.com.br/biblioteca/165350010212_Monografia_Rodrigo_Araujo.pdf) . Acesso em: 7 out. 2017.

FLIR INSTRUMENTS. TERMOVISOR COMPACTO E40, E50 E E06. Disponível em: <http://termovisorbrasil.com.br/flir-e40-e50-e60.php> . Acesso em: 05 mar. 2017.

ICA - INTERNATIONAL COPPER ASSOCIATION. **Gestão de Ativos: Guia para aplicação da Norma ABNT NBR ISO 55001**. Chile, Las Condes, Santiago, p.10-84, 2015. Disponível em: [http://procobre.org/media-center/pt-br/component/jdownloads/send/2-publicacoes/2-guia-para-aplicacao-da-norma-abnt-nbr-iso-001.html?option=com\\_jdownloads](http://procobre.org/media-center/pt-br/component/jdownloads/send/2-publicacoes/2-guia-para-aplicacao-da-norma-abnt-nbr-iso-001.html?option=com_jdownloads) . Acesso em: 11 mar. 2018.

INSTRUTHERM MV650. **Manual de instruções**. Medidor de vibração tipo caneta, 2012.

KARDEC, A; NASCIF, J.A.; BARONI, T. **Gestão estratégica e técnicas preditivas**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 136p.

KARDEC, Alan. **Manutenção**: função estratégica. 4.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 268p.

KOTLER, P., **Marketing para o século XXI**: como criar, conquistar e dominar Mercados. Futura. São Paulo, 1999. 3p.

LAGO, Daniel Fabiano. **Manutenção preditiva de um redutor usando análise de vibrações e de partículas de desgaste**. 180p. Dissertação (Mestre de Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia – UNESP. Campus de Ilha Solteira, São Paulo, 2009. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94548/laqo\\_df\\_me\\_ilha.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94548/laqo_df_me_ilha.pdf?sequence=1) . Acesso em: 05 mar. 2017.

MAGNA K. Redutores e motorredutores de coroa e rosca sem fim. Disponível em: [http://www.wegcestari.com.br/index.php/pt/magma-k/item/download/157\\_ae6102aa6d20785114a89bb31144127d](http://www.wegcestari.com.br/index.php/pt/magma-k/item/download/157_ae6102aa6d20785114a89bb31144127d). Acesso em 05 mar. 2017.

MALVTEC ACIONAMENTOS. Conhecendo os redutores-de-velocidade. Disponível em: <https://www.malvtec.com/single-post/2015/09/09/Conhecendo-os-Redutores-de-velocidade>. Acesso em: 23 abr. 2017.

MINIPA. Medidor de Vibração, MVA-300. Disponível em: <http://www.minipa.com.br/diversos/medidor-de-vibracao/187-mva-300> . Acesso em: 05 mar. 2017.

MIRSHAWKA, Victor. **Manutenção Preditiva** – Caminho para zero defeitos. Editora Makron Books do Brasil, São Paulo, 1991. 103p.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2011. 228p.

SANTOS, VALDIR APARECIDO DOS. **Manual prático da manutenção industrial**. 4ª edição. Editora Ícone, São Paulo, 2013.

SKF Machine Condition Advisor. **CMAS 100-SL Monitoramento de máquinas, de forma simples**. Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.skf.com/binary/tcm:45-21545-16/index.html> . Acesso em: 11 mar. 2018.

SOUZA, S. S., LIMA, C.R.C. **Manutenção centrada em confiabilidade como ferramenta estratégica**. In: XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2003. Disponível em: [http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM285/Conte%FAdos/Complementos/Artigo%20MCC%20como%20ferram%20estrat%E9q%20ENEGEP2003\\_TR0109\\_1353.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM285/Conte%FAdos/Complementos/Artigo%20MCC%20como%20ferram%20estrat%E9q%20ENEGEP2003_TR0109_1353.pdf) . Acesso em: 01 mar. 2017.

VAZ, José Carlos. **Manutenção de sistemas produtivos: um estudo sobre a gestão da disponibilidade de equipamentos**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). USP, 2003. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-22062016-142336/pt-br.php>. Acesso em: 23 abr.2017.

WEG CESTARI. Redutores Magna K, 2016. Disponível em: <http://www.wegcestari.com.br/index.php/pt/produtos/redutores/magma-k/> . Acesso em: 29 abr. 2017.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva** – 2ª Ed. Nova Lima. FALCONI,2014. 309p.